

УДК 534.26

ВПЛИВ АНІЗОТРОПНОСТІ РІДИННОФАЗНОЇ ЧАСТИНИ ПІДВІСУ НА ПОХИБКУ ІНТЕГРУЮЧОГО ГІРОСКОПА

*Мельник В.М., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Наведено аналіз природи виникнення додаткового дрейфу нуля інтегруючого гіроскопа в акустичних полях за наявності в гідростатичному підвісі бульбашок газу. В рамках прецесійної теорії зроблено якісну оцінку явища

Вступ

За натурних умов, тобто вібрація основи, удари, температурні чинники та інші збуджуючі фактори, в гідростатичному підвісі двостепеневого гіроскопа можуть виникати газові бульбашки, термін наявності котрих невизначений. Чинниками цього явища, поряд з іншими, можуть бути недоліки технології складання приладу. Акустичне випромінювання з боку рушійних установок літального апарату призведе до переміщення бульбашок газу в зону акустичної тіні. Таким чином, буде порушено вихідну рівновагу гідростатичних і масових сил в підвісі гіроскопа наслідком чого є виникнення збурюючого моменту і, відповідно, дрейфу нуля інтегруючого гіроскопа.

З припиненням дії акустичного випромінювання рух бульбашок щезне. Суттєвою ознакою явища постає та особливість, що за умови зникнення бульбашок газу диференційний гіроскоп повертається у вихідне положення, натомість інтегруючий – ні, збільшуючи похибку вимірів у часі.

Двостепеневі поплавкові гіроскопи знайшли широке використання в командно-вимірювальних комплексах рухомих об'єктів, а також як чутливі елементи тривісних гіростабілізованих платформ при побудові систем координат на літальних апаратах. Зокрема, останнє свідчить, що похибки чутливих елементів в змозі не тільки ускладнити вирішення окремих задач, але погіршують технічні характеристики об'єкту в цілому. Це обумовлює актуальність і практичну важливість всіх питань стосовно зменшення впливу зовнішніх збурень на характеристики поплавкових гіроскопів.

Слід зазначити, що похибки приладів з боку зовнішніх збурень – лінійних та кутових вібрацій, качки основи, температурних змін тощо – досить повно проаналізовані. На цей час недостатньо вивченою постає природа впливу акустичного випромінювання з боку рушійних установок літальних апаратів, а це збурення, як свідчать експериментальні дослідження, за певних умов може стати навіть визначальним з точки зору працездатності приладів [1, 2]. Потужне акустичне випромінювання має місце при старті, наприклад, ракет-носіїв з поверхні Землі чи з авіаційно-космічних систем при виконанні маневрів розділення та розведення орбітальної ступені із літаком-носієм.

Мета досліджень полягає у виявленні природи та побудові розрахункових моделей явища, які б дозволили оцінити ступінь впливу виникаючої анізотропної рідиннофазної частини підвісу на похибки гіроскопа в акустичних полях.

Створення розрахункової моделі

Проаналізуємо докладніше зазначене явище. У вихідному стані масові сили $M\vec{g}$ та архімедова сила \vec{F} врівноважують одна одну (рис. 1). Виникнення бульбашок природно призведе до паралельного зсуву лінії дії архімедової сили і виникненню збурюючого моменту M^a . Картина ускладнюється за наявності всередині приладу акустичного випромінювання.

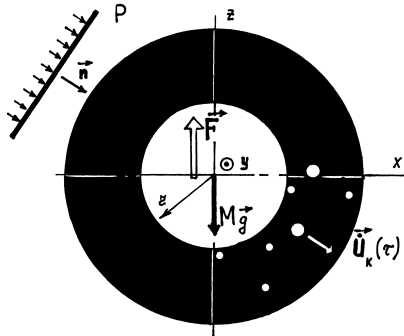


Рисунок 1 - Природа виникнення збурюючого моменту при переміщенні бульбашок газу в гідростатичному підвісі

Бульбашки починають рухатись у напрямку розповсюдження акустичної хвилі і, тому, виникаючий момент буде вже функцією часу і параметрів випромінювання:

$$M^a = \frac{m_k M^0}{m_p} g \left[r + \int_0^t \dot{U}_k(\tau) d\tau \right] \sin(\hat{n}, x), \quad (1)$$

де $F = M^0 g$; m_k , M^0 , m_p – відповідно маси k -ої бульбашки у фіксованій площині шпангоута корпусу прилада, витисненої поплавком з гіроагрегатом рідини і рідиннофазної частини підвісу; g – прискорення вільного падіння; $m_k r$ – статичний момент маси бульбашки; $\dot{U}_k(\tau)$ – швидкість руху під дією акустичного випромінювання.

Якщо газові бульбашки збираються у m площинах шпангоутів, формула (1) ускладнюється (рис. 2) :

$$M^a = \frac{M^0}{m_p} g \sum_{l=1}^m \sum_{k=1}^n \left[m_k (r + r_{0k}) \sin(\hat{n}, x) + m_l (r + r_{0l}) \sin(\hat{n}, x) + m_k \int_0^t \dot{U}_k(\tau) d\tau \sin(\hat{n}, x) + m_l \int_0^t \dot{U}_l(\tau) d\tau \sin(\hat{n}, x) \right], \quad (2)$$

де r_{0i} – радіус бульбашки.

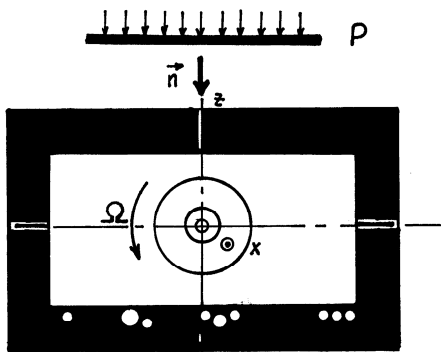


Рисунок 2 - Розподіл бульбашок газу в площинах шпангоута

Для визначення закону переміщення бульбашок газу за умови тільки їх тертя об рідину скористуємось інтегро-диференціальним співвідношенням [3]:

$$m_k \ddot{U}_k(t) + \int_0^t [m_{k0} \delta_1(t-\tau) + \alpha] \ddot{U}_k(\tau) d\tau = \\ = m_k^0 [\delta_1(t) - \delta_1(t-1)] + \int_0^t [m_{k0} \delta_1(t-\tau) + \alpha] \cdot [\delta_1(\tau) - \delta_1(\tau-1)] d\tau, \quad (3)$$

де m_k^0 – маса витисненої бульбашкою рідини; m_{k0} – приєднані маси; α – коефіцієнт в'язкого опору при переміщенні бульбашки, $\delta_1(t)$ – дельта-функція Дірака.

Застосувавши однобічне перетворення Лапласа за нульових початкових умов, запишемо рівняння (3) в операторній формі:

$$(m_k + m_{k0}) p^2 U_k(p) + \alpha p U_k(p) = (m_k^0 + m_{k0}) \cdot [1 - \exp(-p)] + \\ + \alpha \left[\frac{1}{p} - \frac{1}{p} \exp(-p) \right]. \quad (4)$$

Звідкіля знаходимо:

$$U_k(p) = \frac{(m_k^0 + m_{k0}) p + \alpha}{p^2 [(m_k + m_{k0}) p + \alpha]} - \frac{[(m_k^0 + m_{k0}) p + \alpha]}{p^2 [(m_k + m_{k0}) p + \alpha]} \exp(-p). \quad (5)$$

Переходячи до оригіналу, визначаємо закон руху газової бульбашки під дією акустичного випромінювання:

$$U_k(t) = \left\{ t - \frac{1}{\alpha} (m_k - m_k^0) \cdot [1 - \exp(-v_1 t)] \right\} \delta_0(t) - \\ - \left\{ t - 1 - \frac{1}{\alpha} (m_k - m_k^0) \cdot [1 - \exp(-v_1(t-1))] \right\} \delta_0(t-1), \quad (6)$$

де $v_1 = \frac{\alpha}{m_k + m_{k0}}$; $\delta_0(t)$ – функція Хевісайда.

В рамках прецесійної теорії, рівняння руху інтегруючого гіроскопа можна навести, наприклад, у вигляді [4]:

$$b \dot{\beta} = -H \omega_z \cos \beta - H \omega_x \sin \beta + B \dot{\omega}_y + M + \frac{M^0}{m_p} g \sum_{l=1}^m \sum_{k=1}^n \{ (m_k + m_l) r + \\ + m_k \left[t - \frac{1}{\alpha} (m_k - m_k^0) (1 - e^{-v_1 t}) \right] \delta_0(t) - m_k \left[t - 1 - \frac{1}{\alpha} (m_k - m_k^0) (1 - e^{-v_1(t-1)}) \right] \delta_0(t-1) + \\ + m_l \left[t - \frac{1}{\alpha} (m_l - m_l^0) (1 - e^{-v_1 t}) \right] \delta_0(t) - m_l \left[t - 1 - \frac{1}{\alpha} (m_l - m_l^0) (1 - e^{-v_1(t-1)}) \right] \delta_0(t-1) \} \sin(\hat{n}, x). \quad (7)$$

Перші чотири доданки у правій частини виразу (7) відомі за своїм змістом, а ось останній – являє собою момент-перешкоду M^a і визначає дрейф нуля інтегруючого гіроскопа. При цьому являє найбільший інтерес обчислення сталої складової дрейфу нуля приладу. Її величину визначаємо за формулою:

$$\dot{\beta}_{cr} = \frac{M^a}{b}.$$

Висновки

Таким чином, аналізуючи похибки інтегруючого гіроскопа за натурних умов, слід мати на увазі можливість прояву вищенаведеного явища і, з одного боку, по можливості, вдосконалювати технологію складання гіроскопа, з другого – враховувати додаткові похибки при визначенні технічних характеристик рухомих об'єктів в цілому. Отримані аналітичні залежності дозволяють зробити останнє в повній мірі.

Перспективними слід вважати конструкторсько-технологічні напрями вирішення даної проблеми, включаючи нелінійні прояви резонансного типу.

Література

1. V.N. Melnik, V.V. Karachun. Some aspects of the gyroscopic stabilization in acoustic fields // Int. Appl. Mech. – 2002. – 38, № 1. – p. 74-80.
2. Карачун В.В., Лозовик В.Г., Мельник В.Н. Дифракция звуковых волн на подвесе гироскопа. – К.: “Корнейчук”, 2000. – 176 с.
3. Кочин К.Е., Кибель Н.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Ч. 1, ГТИ, 1948. Л.–М: ОГИЗ, Государственное издательство технико-теоретической литературы. – 535 с.
4. Многомерные задачи нестационарной упругости подвеса поплавкового гироскопа / В.В. Карачун, В.Г. Лозовик, Е.Р. Потапова, В.Н. Мельник / Под ред В.В. Карачуна. – К.: Корнейчук, 2000. – 128 с.

Мельник В.Н. Влияние анизотропности жидкофазной части подвеса на ошибку интегрирующего гироскопа.

Приведен анализ природы возникновения дополнительного дрейфа нуля интегрирующего гироскопа в акустических полях при наличии в гидростатическом подвесе пузырьков газа.

Melnik V.N. Influence of an anisotropy of a liquid-phase part of a bracket an error of an integrating gyroscope.

The analysis of a nature of origin of a padding zero drift of an integrating gyroscope in audio fields is reduced at presence in a hydrostatic bracket of bubbles of gas.

Надійшла до редакції
29 жовтня 2002 року

УДК 531.714

МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБХОДУ КОНТУРА ДЕТАЛІ

Баранов О.Г., Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси

У даній статті запропоновано новий метод вимірювання складних поверхонь на координатно-вимірювальних машинах (КВМ), що дозволяє одночасно збільшити їх точність й знизити собівартість операції вимірювання.

Вступ

Проблеми підвищення ефективності вимірювання прецизійної продукції на координатно-вимірювальних машинах (КВМ) є важливим науково-практичним